

中・大型ドローン用プロペラの開発と性能評価に関する研究

大塚裕俊*・水江宏*・下地広泰**・林 正基***
*機械・金属担当・**電磁力担当・***(株)ターボブレード

Development of the propeller used for medium and large sized drones

Hirotooshi OHTSUKA*・Hiroshi MIZUE*・Hiroyasu SHIMOJI**・Masamoto HAYASHI***
*Mechanics and Materials Engineering Section・**Electromagnetic Section・***Turbo blade Co., Ltd.

要 旨

中・大型ドローンに適合したプロペラの開発とその製品化を目的として、C A Eと設計ノウハウによるプロペラ形状の最適化、3次元直彫り加工による製品試作および揚力測定等の性能評価を実施した。企業との共同研究の結果、C A Eと設計ノウハウを用いて最適なプロペラ形状を設計するとともに、3次元直彫り加工を用いた薄板曲面形状の高精度加工法によってプロペラの試作品を完成できた。また試作品の揚力等性能評価を行って所望の性能を確認するとともに、今後のプロペラを含む空力製品の開発や製作コストの低減まで大きな見通しを得ることができた。

1. はじめに

現在普及しているドローンはモータ出力が小さく、積載重量や連続飛行時間が限られている。そこで駆動出力を大きくした中・大型ドローンの開発が望まれており、これまでとスケールの異なる機体に適合したプロペラを開発する必要がある。

そこで(株)ターボブレードは、社内に蓄積された設計ノウハウや流体解析用C A Eの援用により、プロペラ形状の最適設計を行う。また産業科学技術センターは、3次元曲面形状を切削加工するとともに試作されたプロペラの揚力等の性能評価を行う。

2. 研究開発の方法

2.1 プロペラの設計

(株)ターボブレードでは、流体解析用C A Eを利用してプロペラ形状を最適設計する。ドローンの回転翼の半径(=プロペラ長)は400mmであるが、本研究ではその1/2モデルを用いる。C A Eはflow Simulationを用いる。プロペラ断面を翼型とし、回転軸から半径方向に沿って滑らかに断面形状を繋いでプロペラ形状を生成させる。これをモデルとしてプロペラ回転時の圧縮性流体の3次元解析を実施し、結果により必要があれば形状を修正する。そして適切な性能が得られるまでこの工程を繰り返す。

2.2 プロペラの試作加工

産業科学技術センターでは、立形マシニングセンタ(MC)を用いて、決定されたプロペラ形状を3次元直彫りによりアルミニウム(A5052)のブロック材から

切削加工により製作する。プロペラのような薄板曲面形状の高精度加工では、被削材の剛性が低下してその効率的な切削加工の実現が課題となるため、薄板曲面形状の高精度加工法をトライアンドエラーにより見出しながら試作品を完成させる。

2.3 プロペラの性能実験

産業科学技術センターでは、揚力測定装置を用いてプロペラ回転時の揚力測定等を行い、所望の性能が実現されているかどうかを確認する。



Fig.1 Modeled propeller shape(φ400mm)

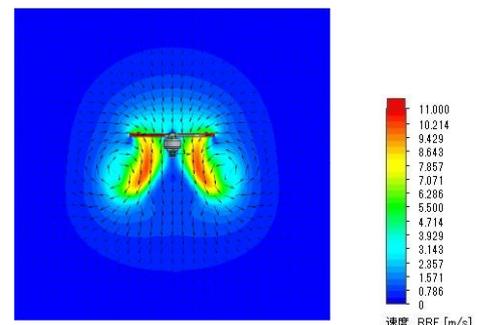


Fig.2 Velocity vector diagram

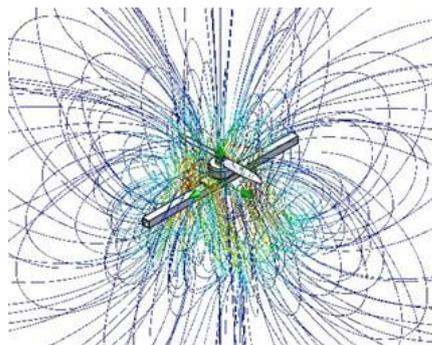


Fig.3 3D streamline figure

3. 結果と考察

ドローンの機体荷重・積載荷重・飛行性能などの諸条件より、プロペラの形状を決定しC A Eによる揚力等の測定を行った。決定したモデル形状を図1に、解析結果の例として回転数 3000rpm 時の速度ベクトル分布、流線を図2～3に示す。

また試作品の削り出し加工では、アルミニウムのブロック材中に薄肉で繋がった状態で製品を削り出し加工で残し、後工程で輪郭をワイヤ放電加工により切り出して完成させる方法を取った結果、エンドミル工具の選定や段取りの工夫により、最終的には非常にスムーズで高速・高精度な加工が実現できることがわかった。マシニングセンタによる切削加工の状況とワイヤ放電加工機による加工結果を図4～5に、完成した試作品を図6に示す。

また揚力測定装置(図7)を用いて、プロペラ試作品の揚力測定を行った結果、ほぼC A E解析での理論値どおりの値が得られることがわかった。図8に主軸回転数による揚力の変化を理論値と測定値を比較して示す。

4. おわりに

中・大型ドローン用のプロペラ開発と製品化を目的として、C A Eと設計ノウハウによるプロペラ形状の最適化、3次元直彫り加工による製品試作および揚力測定等の性能評価について、企業と共同研究を行い、次の結果を得た。

- (1) (株)ターボブレードでは、C A E解析結果の妥当性および自社設計製品の性能が実証され、今後の開発ツールとしてのC A Eの有効性が検証できた。これにより今後の空力部品の開発・製作コストの低減が可能となった。
- (2) 産業科学技術センターでは、削り出し切削加工とワイヤ放電加工を組み合わせることで、プロペラのような薄板曲面形状部品の高速・高精度加工法を確立させることができた。



Fig.4 Direct endmilling using MC



Fig.5 Profile cutting using WEDM



Fig.6 Finished propeller shape



Fig.7 Lift measurement device

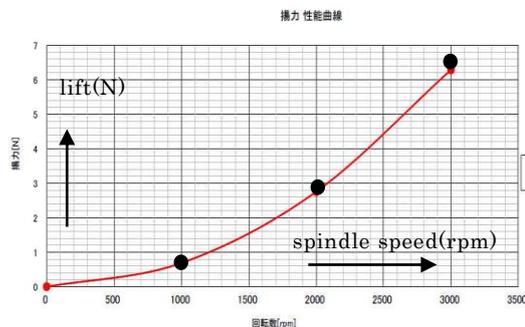


Fig.8 Relation between spindle speed and lift (red line: calculated, black points: measured)

追記

本研究は、平成27年度企業ニーズ対応型研究事業として実施されました。